

## COMPOSICION ANIONICA DE SUELOS ACIDOS DESARROLLADOS SOBRE TERRAZAS Y RAÑAS DE LA ZONA CENTRO.

A. Urcelay Azcune, A. García González y J. Pastor Piñeiro  
Centro de Ciencias Medioambientales, Madrid. Estación Agrícola Experimental, León. CSIC.

### RESUMEN

Estudiamos el contenido en aniones solubles de suelos ácidos de pastos desarrollados sobre rañas y terrazas altas en Madrid-Guadalajara, mediante Cromatografía iónica.

Es la primera información publicada en nuestro país sobre el contenido aniónico de estos suelos, obtenido mediante esta técnica.

### ABSTRACT

We present an application of ion chromatography to the determination of the soluble anion content of acidic soil samples representing "raña" type formations of Madrid-Guadalajara and high terraces of the Henares river. In these soils grows pasture communities.

This is the first information published in our country about the anion content of these very representative soils, using the IC method.

### 1. INTRODUCCION

Las rañas son formaciones de tipo "pie de monte" asociados a relieves cuarcíticos de origen fluvial subsiguientes a la fase de colmatación de las cuencas terciarias, caracterizándose por su forma de mesetas alargadas terminadas en estrechos tentáculos con valles cuajados y cobertura detrítica.

Estas masas tentaculares están limitadas (en la zona estudiada) al norte por la sierra del Alto Rey (1848 m) y sierra de la Bolera (1408 m), de donde proceden los sedimentos cuarcíticos de estas rañas y se extienden hasta las cercanías de Guadalajara.

Sus altitudes oscilan entre los 1.200 m de las rañas situadas al pie de la sierra y los 800 m de las situadas en Mesones-Talamanca y Marchamalo.

Las edades estimadas de estas superficies oscilan del Neógeno Superior al límite convencional Neógeno-Cuaternario ( Gallardo, Pérez-González, 1987

Estos depósitos presentan una típica topografía con ligeras pendientes en las zonas centrales de la raña (1-2%) y unas pendientes pronunciadas en los bordes (15-60%).

En estas penillanuras del centro de la Península Ibérica, las actividades humanas (prácticas agrícolas, fuego, pastoreo, etc.) han alterado la vegetación hasta hacerla desaparecer en muchos casos, confinándose a menudo las escasas comunidades remanentes a los bordes y laderas pendientes no aptas para el cultivo.

El uso intensivo que han soportado, ha originado un deterioro de la cubierta vegetal y un empobrecimiento del suelo, disminuyendo su potencialidad natural.

La proporción de territorio dedicado al cultivo cerealístico ha fluctuado continuamente, López-Gómez (1981) mostró que durante la guerra civil y los años siguientes, incluso las pendientes más pronunciadas eran cultivadas, produciendo incluso una mayor degradación y erosión de la tierra.

Las prácticas comunes de barbecho no eran suficientes para restaurar la fertilidad del suelo.

Además de estas comunidades de cultivo abandonadas, aparecen los pastos seminaturales, generalmente situadas en zonas marginales de cultivos o de bosques, cuya variabilidad parece estar inducida por los pisos bioclimáticos y la naturaleza del sustrato.

Esto último nos ha hecho interesarnos (dentro de un amplio estudio sobre ecosistemas de pasto y matorral más o menos degradados por la acción antrópica) en investigar la

composición aniónica de los suelos de pasto, aplicando la técnica de Cromatografía iónica y observar la incidencia de la distribución espacial de los suelos en los diferentes sustratos (rañas y terrazas altas) sobre el contenido en aniones.

## 2. MATERIAL Y METODOS

### 2.1. Toma de muestras y clasificación

La toma de muestras se ha realizado durante los meses de Junio-Julio de 1989 en el momento en que las comunidades vegetales se encontraban en plena floración-fructificación.

Se han recogido porciones superficiales de suelo (profundidad máxima 15 cm) de 80 parcelas de 1 m<sup>2</sup> de superficie.

Las tablas adjuntas nº 1 y nº2 clasifican respectivamente las 80 muestras atendiendo a la mayor o menor proximidad a la Sierra (rañas altas, rañas medias, rañas bajas y terrazas altas).

### 2.2. Tratamiento de las muestras

Las 80 muestras fueron sometidas al mismo tratamiento.

- Los suelos se secaron al aire y se tamizaron mediante un tamiz de malla con luz de 2mm.

- Los aniones solubles se obtuvieron mediante agitación durante 1 hora y posterior centrifugación durante 20 minutos a 3000 r.p.m. de 10 gr de suelo disueltos en 25 c.c. de agua desionizada.

- Posteriormente se procedió a un filtrado para obtener soluciones lo más transparentes posibles. Antes de la inyección se incorpora a la jeringuilla un tamiz o filtro de 0,45 µm para no permitir el paso de materia orgánica.

- La muestra queda preparada para ser inyectada en el cromatógrafo.

### 2.3. Elección del método

La determinación de aniones en disolución se puede realizar por diversos métodos. En el apéndice encontramos una tabla (estudio realizado por Marvin J. Fishman y Grace Pyen, U.S. Geological Survey) que nos compara el método elegido (Cromatografía iónica) con otras técnicas.

Como se puede observar los resultados son muy similares y la elección de la cromatografía iónica es debido a las ventajas que presenta:

- 1.- Alta sensibilidad, que permite determinaciones de iones hasta del orden de ppm. Es así capaz de analizar una baja concentración de un ión en una preponderancia de otro, así como de analizar los iones de interés contra aquellos que pueden causar interferencia en otros métodos de análisis.
- 2.- Puede determinar varios iones en un mismo análisis.
- 3.- No se presentan problemas de interferencia de la matriz, lo que implica que la preparación de la muestra a analizar en muchos casos, es mínima. A nivel de microgramos.
- 4.- Se utilizan aparatos de fácil manejo.
- 5.- Su especificidad para iones muy afines.

#### Como instrumentación se utilizó:

- Aparato de cromatografía iónica Dionex Model. 10
- Registrador de doble plumilla (suministrado junto con el aparato).
- Integrador 3390 A. Hewlett Packard.
- Centrífuga. Kojusan H-103N.

#### Eluyente

Disolución de  $\text{NaHCO}_3$  1,7 mM y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1,8 mM

Velocidad de flujo: 2,0 ml/min.

Presión: 690 pSI



## 2.4. Test estadístico

Al tratarse de un número considerable de muestras (80), se ha realizado un análisis estadístico de las mismas.

Los resultados obtenidos fueron sometidos al test de la T de Student utilizando para ello un ordenador personal IBM-AT dotado del paquete estadístico BMDP.

El empleo del test ha ido encaminado a observar si existían diferencias estadísticas significativas en la composición aniónica de los suelos en las diferentes rañas.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSION

Las concentraciones obtenidas para los diferentes aniones, expresados en ppm, se exponen en las tablas nº 3 y nº 4.

Los resultados nos permiten observar que los contenidos aniónicos oscilan de la siguiente forma:

Fluoruro,	de 0,02 ppm a 3,55 ppm	con una media de 1,43 ppm
Cloruro,	de 0,74 ppm a 22,00 ppm	con una media de 5,41 ppm
Fosfato,	de 0,00 ppm a 1,78 ppm	con una media de 0,14 ppm
Nitrato,	de 0,00 ppm a 5,64 ppm	con una media de 1,00 ppm
Sulfato,	de 2,53 ppm a 20,31 ppm	con una media de 0,89 ppm.

Aunque no poseemos elementos de comparación adecuados podemos decir que, en general, los niveles son bajos con respecto a los estándares para suelos cultivados y por tanto abonados. Estos suelos ya fueron estudiados, en lo referente al contenido de cationes cambiables y N y P totales por García et al. (1987, 1988, 1989) que resaltaron la pobreza y distrofia de gran parte de estos suelos.

De la observación de las tablas, podemos decir que los valores más bajos los encontramos para el fluoruro y sobre todo el fosfato en todos los casos; ambos son aniones que se adsorben fuertemente a la superficie de los materiales edáficos y por tanto son difícilmente solubles. Para los

otros aniones: cloruros, nitratos y sulfatos, los valores obtenidos son más elevados, sobre todo en cuanto a los valores máximos. Los nitratos y sulfatos son muy solubles y generalmente poco adsorbidos en el suelo.

Estos datos son los primeros que se dan en nuestro país sobre iones solubles en suelos de pasto, pues aunque se ha realizado mediante ordenador una búsqueda retrospectiva de los 15 últimos años, no se ha encontrado nada al respecto. Las aproximadamente 200 citas tomadas nos han permitido comprobar la escasez de datos sobre esta temática, ya que esta técnica ha sido especialmente utilizada en análisis de aguas y alimentos y no tanto de suelos, y menos de suelos naturales. La escasa información encontrada carecía de gran valor informativo.

Los únicos datos que existen sobre suelos españoles son otros procedentes del equipo con el que hemos colaborado correspondientes a comunidades de matorral en las rañas.

Queda así cubierto el primer objetivo de empezar a conocer la dotación de aniones solubles de los suelos de pasto españoles.

La serie de datos agrupados dentro de la tabla 5 corresponden a diversos cálculos estadísticos efectuados para todos los grupos y con respecto a cada una de las variables (aniones).

El resultado del test queda reflejado en la tabla que se adjunta a continuación: La Tabla nº 6 está confeccionada con aquellas comparaciones para las que el test ha dado diferencias significativas. Para simplificar, se han considerado como significativas aquellas diferencias mayores del 95%.

Una vez realizados todos estos cálculos podemos abordar el segundo objetivo, es decir, si la diferente situación geográfica de las rañas, más próximas o lejanas de los materiales de origen, influirán en la composición aniónica de la capa superficial de los suelos. En la Tabla 4 encontramos las medias de los aniones en las diferentes rañas: altas, medias, bajas y terrazas.

A la vista de los valores obtenidos no hay nada que sobresalga especialmente y que nos pueda hacer pensar en una influencia determinada por una mayor o menor proximidad a la sierra del Alto Rey.

Es de observar, no obstante, las diferencias significativas en  $F^-$  y  $SO_4^{=}$  entre las terrazas altas y las rañas más cercanas a ellas (las bajas y medias), y las diferencias también significativas, en cuatro de los cinco aniones estudiados ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $PO_4^{=}$  y  $NO_3^-$ ), entre las rañas altas y las más próximas a ellas, las rañas medias.

Quizás los únicos valores más destacables sean los cloruros obtenidos en las rañas altas. Es normal que en estas se obtengan los valores más elevados ya que los cloruros suelen estar asociados a las zonas de mayor humedad y allí la precipitación es mayor.

Si observamos la Tabla nº 3 veremos que son las muestras comprendidas entre la 47 y la 54 las que elevan la media, con valores elevadísimos en comparación con el resto. Estas muestras corresponden a la raña de Robledo de Corpes.

Hay que tener en cuenta que se están analizando elementos solubles y que además los  $Cl^-$  está asociados a las zonas de mayor humedad, con lo que es posible que esto sea debido a que este terreno, por su mayor contenido en materia orgánica permite una mayor retención del agua con lo que facilita una acumulación de cloruros.

#### 4. CONCLUSIONES

- El estudio realizado nos ha permitido obtener información sobre el contenido en aniones solubles de la capa superficial del suelo correspondientes a comunidades de pastos ácidos en clima mediterráneo continental.

- En el sustrato geológico sedimentario estudiado, las rañas de la región central, no parece existir relación en-

tre la distribución espacial en el territorio de las diferentes áreas con el contenido en aniones de los suelos, si bien los contenidos aniones difieren en mayor grado entre los sustratos más cercanos (terrazas altas y rañas bajas y medias, - por un lado, y entre rañas altas y medias por otro).

- Los suelos son pobres en aniones solubles, con las excepciones mencionadas; a pesar de la pobreza en aniones de estos suelos, su valoración nos parece de gran interés en el estudio de los ecosistemas tanto naturales como degradados, en relación con la disponibilidad de estos elementos en los suelos y su importancia en los ciclos biogeoquímicos.

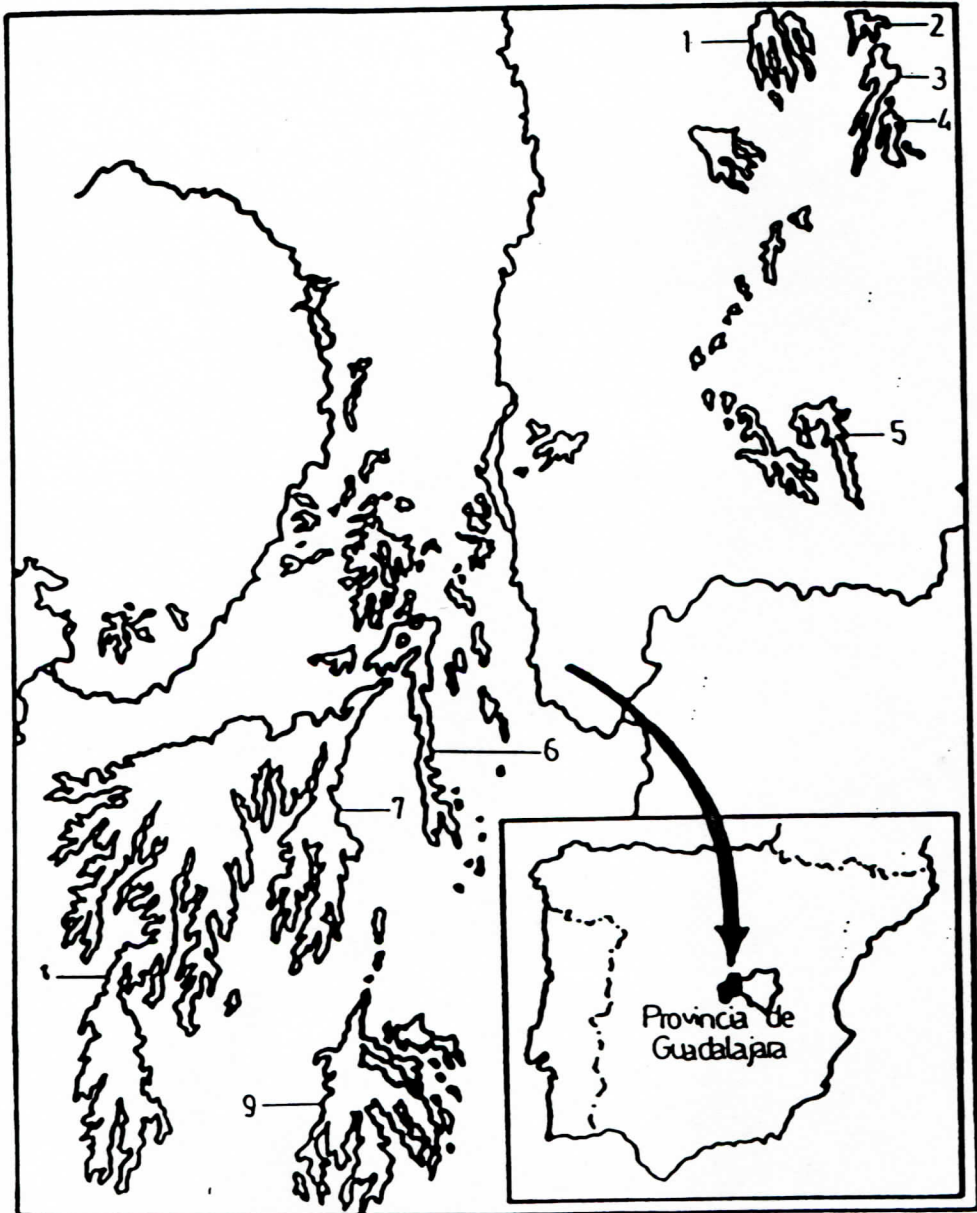
## 5. BIBLIOGRAFIA

- FISHMAN, M.J., PYEN, GRACE. 1979.- "Determination of selected anions in water by Ion Chromatography". U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations. U.S. Government Printing Office. 1-30 pp.
- GALLARDO, J., PEREZ-GONZALEZ, 1987.- "Paleosuelos de los piedemontes villafranquienses y de las terrazas pleistocenas de la región del valle del Henares-Alto Jarama. Bol. Geol. Min., XCVII-I.
- GARCIA, A.; IBAÑEZ, J.J.; PASTOR, J. 1987.- "Relaciones suelo-pasto en superficies de tipo raña". An. Edaf. y Agrobiol. XLVI. nº 9-10. 1203-1218 pp.
- GARCIA, A.; PASTOR, J.; BERMUDEZ, F.F. 1988.- "Valor de los pastos en zonas degradadas de la región central". AYMA. 28, 2. 57-61 pp.
- GARCIA, A.; PASTOR, J.; NAVARRO, J. 1989.- "Grassland vegetation in marginal land of arable fields. Braunablanquetia (in press.)
- LOPEZ-GOMEZ, A. 1981.- "Despoblación y cambios de paisajes en la serranía de Atienza. Actas del Col. Hispano-Francés sobre áreas de montaña. Minist. Agríc.



FIGURA 1 (mapa 1)

Forma y localización de las rañas



- |                              |             |
|------------------------------|-------------|
| 1. Raña de Bustares          | } R. Altas  |
| 2. Raña de Gascuña           |             |
| 3. Raña de Hiendelaenora     |             |
| 4. Raña de Robledo de Corpes |             |
| 5. Raña de Membrillera       | } R. Medias |

- |                            |                |
|----------------------------|----------------|
| 6. Raña de Rueda de Buleña | } R. Bajas     |
| 7. Raña de Fuenteahiguera  |                |
| 8. Raña de Mesones         |                |
| 9. Raña de Marchamalo      | } Terraza Alta |

T A B L A 1

Clasificación de las muestras atendiendo a su proximidad a la Sierra.

	muestras nº
Terrazas altas	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
Rañas 1 bajas	11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21
Rañas 2 bajas	22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32
Rañas medias	33,34,35,36,37,38,39,40,41,42
Rañas altas	43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59 60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76 77,78,79,80

\* Las rañas bajas están divididas en Rañas 1 bajas y Rañas 2 bajas. Las rañas 2 bajas son más septentrionales.

T A B L A 2

	muestras nº:
Marchamalo	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
Mesones	11,12,13,15,16,17,18
Fuentelahiguera	14,19,20,21,22,23,24
Puebla de Beleña	25,26,27,28,29,30,31
Membrillera	33,34,35,36,37,38,39,40,41,42
Robledo de Corpes	43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54
Hiendelaencina	55,56,57,58,59,60,61,62
Gascuña	71,72,73,74,75,76,77,78,79,80
Bustares	63,64,65,66,67,68,69,70

TABLE 3

Datos analiticos de antenas solubles (ppm) (agrupados por radio).

Terrazas altas					Radio alta				
	fluo-re	cloro-re	fosfate	nitrate	sulfate	r	cl	pu	mg
1	0.93	5.50	0.16	2.14	3.53	2.00	4.99	0.00	0.00
2	1.17	6.38	0.06	0.95	5.75	1.00	5.77	0.00	0.00
3	0.80	4.29	0.00	2.14	4.24	1.00	6.23	0.00	0.00
4	0.80	5.28	0.32	0.71	4.24	0.00	4.00	0.00	0.00
5	0.77	3.80	0.00	0.95	3.93	2.00	4.00	0.00	0.00
6	0.67	3.06	0.00	0.00	3.63	2.00	4.00	0.00	0.00
7	0.91	4.16	0.00	0.11	4.54	2.00	4.00	0.00	0.00
8	0.99	2.95	0.00	0.51	6.00	1.00	4.00	0.00	0.00
9	1.28	2.76	0.00	0.25	3.16	1.00	4.00	0.00	0.00
10	1.35	2.26	0.00	2.30	3.75	2.00	4.00	0.00	0.00
Radio baja									
11	2.81	20.47	0.00	5.64	19.53	2.00	4.00	0.00	0.00
12	2.79	10.71	0.00	3.07	20.31	1.00	4.00	0.00	0.00
13	0.83	1.35	0.00	1.41	5.83	1.00	4.00	0.00	0.00
14	0.86	1.91	0.00	0.74	5.03	1.00	4.00	0.00	0.00
15	1.66	3.50	1.00	1.39	5.07	1.00	4.00	0.00	0.00
16	1.00	3.91	0.00	0.10	5.07	2.00	4.00	0.00	0.00
17	1.10	2.84	0.00	0.21	4.66	2.00	4.00	0.00	0.00
18	2.10	2.96	0.00	2.14	3.03	2.00	4.00	0.00	0.00
19	1.20	2.24	0.00	0.47	4.06	1.00	4.00	0.00	0.00
20	2.85	2.94	0.00	0.47	7.57	2.00	4.00	0.00	0.00
21	2.44	2.80	0.00	2.14	5.15	2.00	4.00	0.00	0.00
Radio baja (más septentrional)									
22	1.82	3.47	0.00	0.11	10.30	0.00	4.00	0.00	0.00
23	3.55	3.45	0.00	0.11	10.30	0.00	4.00	0.00	0.00
24	1.94	3.73	0.00	0.95	1.44	0.00	4.00	0.00	0.00
25	1.77	3.60	0.00	1.18	6.46	0.00	4.00	0.00	0.00
26	1.00	6.41	0.00	1.45	1.44	0.00	4.00	0.00	0.00
27	0.78	3.73	0.00	0.00	3.16	0.00	4.00	0.00	0.00
28	1.13	1.06	0.00	0.00	3.16	0.00	4.00	0.00	0.00
29	0.80	0.76	0.00	0.00	2.47	0.00	4.00	0.00	0.00
30	2.12	3.03	0.00	2.00	6.41	0.00	4.00	0.00	0.00
31	1.15	5.35	0.00	0.56	5.03	0.00	4.00	0.00	0.00
32	1.30	3.43	0.00	0.83	9.39	0.00	4.00	0.00	0.00
Radio media									
33	1.57	4.04	1.70	1.01	7.00	0.00	4.00	0.00	0.00
34	2.00	4.13	0.53	2.27	9.17	0.00	4.00	0.00	0.00
35	2.38	6.34	0.71	1.36	7.00	0.00	4.00	0.00	0.00
36	2.00	3.45	0.71	1.03	7.22	0.00	4.00	0.00	0.00
37	2.71	3.81	0.00	0.68	11.26	0.00	4.00	0.00	0.00
38	1.97	1.90	0.00	0.45	6.38	0.00	4.00	0.00	0.00
39	1.57	2.09	0.00	0.22	8.31	0.00	4.00	0.00	0.00
40	2.50	2.97	0.33	0.48	6.00	0.00	4.00	0.00	0.00
41	1.73	1.89	0.00	2.00	5.73	0.00	4.00	0.00	0.00
42	1.73	1.63	0.00	1.33	3.60	0.00	4.00	0.00	0.00

TABLA 4

Concentración(en ppm) de los distintos aniones según la localización especial de las muestras ( $\bar{X}$ ).

	$F^-$	$Cl^-$	$PO_4^{=}$	$NO_3^-$	$SO_4^{=}$
T. alta	1,03	4,55	0,07	1,06	4,29
R 1 baja	1,77	5,12	0,17	1,63	7,98
R 2 baja	1,58	3,38	0,07	0,86	8,60
R media	2,07	3,23	0,41	1,69	7,39
R alta	1,22	6,88	0,09	0,65	6,63

TABLA 6

Grupos entre los que se han encontrado diferencias significativas

$F^-$ R 1 baja* > T. alta R media > T. alta R media > R. alta	$Cl^-$ T. alta < R. alta R 2 baja* < R. alta R media < R. alta
$PO_4^{=}$ R media > R. alta	$NO_3^-$ R1 baja > R. alta R media > R. alta
$SO_4^{=}$ T. alta < R <sub>2</sub> baja T. alta < R. media T. alta < R. alta	

\* Las ranas bajas están divididas en R 1 bajas y R2 bajas. Las R2 bajas son más septentrionales.



TABLA 5

F

	Media	Desv. Standard de la media	Error Standard de la media	n° de muestras	Máximo	Mínimo
T. alta	1,036	0,264	0,083	10	1,45	0,67
R 1 baja	1,778	0,813	0,245	11	2,81	0,83
R 2 baja	1,584	0,802	0,242	11	3,55	0,78
R media	2,075	0,470	0,148	10	2,73	1,57
R alta	1,229	0,766	0,124	38	3,26	0,02

Cl<sup>-</sup>

T. alta	4,556	1,975	0,624	10	8,28	2,26
R 1 baja	5,125	5,646	1,702	11	20,476	1,91
R 2 baja	3,380	1,591	0,479	11	6,612	0,74
R media	3,230	1,494	0,472	10	6,545	1,63
R alta	6,883	5,597	0,908	38	22,00	1,45

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

T. alta	0,073	0,103	0,032	10	0,32	0,00
R 1 baja	0,178	0,394	0,119	11	1,20	0,00
R 2 baja	0,078	0,212	0,064	11	0,70	0,00
R media	0,416	0,565	0,178	10	1,78	0,00
R alta	0,095	0,186	0,030	38	0,78	0,00

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

	Media	Desv. Standard de la media	Error Standard de la media	n° de muestras	Máximo	Mínimo
T. alta	1,079	0,822	0,260	10	2,30	0,11
R 1 baja	1,638	1,629	0,491	11	5,64	0,10
R 2 baja	0,862	0,710	0,214	11	2,50	0,11
R media	1,697	1,318	0,417	10	4,88	0,22
R alta	0,659	0,600	0,097	38	2,32	0,00

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

T. alta	4,299	0,940	0,297	10	6,08	3,16
R 1 baja	7,980	6,022	1,815	11	20,31	3,03
R 2 baja	8,605	4,646	1,400	11	19,84	3,78
R media	7,392	2,162	0,677	10	11,26	3,60
R alta	6,638	3,502	0,568	38	15,31	2,53

Apéndice

Comparación entre los métodos de Cromatografía iónica (I.C.), Colorimetría automatizada (A.C.) y Potenciometría automatizada con electrodo ión-selectivo (I.S.C.).

Muestra	F <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
	IC	ISE	IC	AC	IC	AC	IC	AC	IC	AC
1	0.50	0.1	2.3	2.0	0.00	0.01	0.12	0.04	3.1	2.1
2	0.72	0.7	645.0	410.0	2.84	2.84	2.03	2.01	133.0	140.0
3	0.48	0.5	415.0	300.0	1.60	1.77	3.28	3.23	102.0	90.0
4	0.78	0.7	460.0	320.0	0.25	0.44	0.31	0.35	330.0	250.0
5	0.81	0.8	72.0	55.0	1.42	1.63	5.50	5.50	117.0	115.0
6	0.75	0.9	72.0	58.0	1.50	1.72	5.50	5.60	117.0	131.0
7	0.44	0.1	11.4.0	13.0	0.00	0.01	2.40	2.49	7.5	12.0
8	0.47	0.8	72.0	59.0	1.45	1.50	5.45	5.00	117.0	136.0
9	0.15	0.2	41.0	47.0	0.09	0.16	0.00	0.01	0.36	1.0
10	0.78	0.8	78.0	61.0	1.48	1.72	5.70	5.07	125.0	136.0
11	0.28	0.3	7.5	6.3	0.30	0.31	3.05	2.90	17.0	19.0
12	0.41	0.5	6.8	5.6	0.24	0.25	3.60	3.10	17.0	18.0
13	0.32	0.3	2.1	1.8	0.11	0.12	0.87	0.52	7.1	7.2
14	0.22	0.2	8.4	7.0			0.05	0.08	9.2	11.0
15	0.23	0.3	15.0	15.0			4.2	4.10	13.3	13.0
16	0.12	0.1	20.0	21.0			2.93	2.97	11.4	12.0
17	0.22	0.2	103.0	110.0			0.04	0.04	13.3	16.0
18	0.23	0.2	3.5	2.2			0.09	0.14	38.0	39.0
19	0.23	0.2	2.3	2.0			0.09	0.01	34.0	35.0
20	0.55	0.5	8.0	7.6			0.15	0.21	148.0	122.0
21	0.50	0.6	10.8	7.7			0.15	0.30	116.0	97.0
22	0.23	0.3	19.6	16.5			0.17	0.23	36.0	37.0
23	0.07	0.1	8.7	8.0			1.47	1.43	15.0	15.0
24	0.14	0.2	29.0	31.0			0.00	0.01	1.5	1.8

Cloruro: Colorimetría automatizada con tiosulfato férrico

Nitrato: Colorimetría automatizada con cadmio y reacción de reducción y diazotización

Fluoruro: Potenciometría con electrodo ión-selectivo

Fosfato: Colorimetría automatizada con fosfomolibdato

Sulfato: Colorimetría automatizada con complexometría con azul metiltilmo



COLEGIO OFICIAL DE QUIMICOS - ANQUE  
CONSEJO SUPERIOR DE COLEGIOS DE INGENIEROS DE MINAS  
COLEGIO OFICIAL DE GEOLOGOS

# TEEX

Centro de Estudios e Investigaciones de Obras Públicas

[illegible]

**8 al 13 de Septiembre de 1991**

# SORIA